

ионов  $\text{Na}^+$ , а также восстановления оптимального уровня рН производили обработку загрязненного грунта гипсом, из расчета 0,5–1 т/га.

Биосорбент представлял собой сорбент-носитель с иммобилизованной на его поверхности аборигенной галофильной нефтеокисляющей микрофлорой. В качестве сорбента-носителя применяли мелкую древесную стружку и торф. Активацию и наработку суспензии аборигенных микроорганизмов осуществляли в ферментере путем внесения образцов нефтесоленого грунта в специально подобранную жидкую питательную среду. Внесение биосорбента производили равномерно из расчета 20–25 г/м<sup>2</sup>.

На завершающем этапе очистки проводили фиторекультивацию путем высева смеси галофильных растений из семейства бобовых и амарантовых.

Эффективность процесса рекультивации оценивали каждые 30 сут по уменьшению концентрации нефтепродуктов и ионов  $\text{Cl}^-$  в почве, а также по изменению численности почвенных микроорганизмов. Определение содержания нефтепродуктов и  $\text{Cl}^-$  ионов в почве определяли по стандартным методикам [2, 3]. Визуальную оценку проводили по изменению плотности растительного покрова. Контролем служил загрязненный участок, на котором рекультивация не проводилась.

На основании полученных результатов было установлено, что предварительная промывка загрязненного грунта с последующей совместной обработкой гипсом, биосорбентом с иммобилизованными аборигенными нефтеокисляющими галофильными микроорганизмами, а также посевом растений-галофитов позволяет за 120 сут сократить исходную концентрацию токсичных поллютантов более чем в два раза.

Таким образом, проведение очистки нефтесоленых грунтов по данной технологии позволяет сократить содержание поллютантов на загрязненном участке до экологически безопасного уровня за один вегетационный период. Разработанный способ рекомендуется к внедрению на предприятиях нефтегазового комплекса.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Патент РФ № 2459398 Способ рекультивации почв, загрязненных минерализованными водами / Г. Г. Ягафарова, Л. Р. Акчурина, Ю. А. Федорова и др. – заявл. 11.03.2010; опубл. 27.08.2012 г. бюл. № 24
2. ПНД Ф 16.1:2.2.22-98
3. ПНД Ф 16.2.2:2.3:3.28-02
4. Ягафарова Г. Г. Рекультивация почв, загрязненных высокоминерализованными нефтепромысловыми сточными водами / Г. Г. Ягафарова, Ю. А. Федорова, Л. Р. Акчурина, А. Х. Сафаров, И. Р. Ягафаров // Нефтегазовое дело. – 2012. – Т. 10. – № 2. – С. 137–139.

УДК 631.6:577.4

#### РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ МЕЛИОРИРУЕМЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ

**Желязко Владимир Иосифович**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, УВО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», Республика Беларусь, г. Горки Могилевской области, [zhaliazka@mail.ru](mailto:zhaliazka@mail.ru)

Рассмотрен технологический регламент функционирования мелиоративной системы при различных уровнях загрязнения почвы соединениями тяжелых металлов. Результаты исследований дают возможность сделать вывод о том, что рекультивация техногенно загрязненных земель является достаточно трудоемкой и требует значительных материальных затрат. Объем этих затрат пропорционален уровню загрязнения почвы. Наиболее трудоемким является восстановление нарушенного плодородия при критическом уровне загрязнения.

*Ключевые слова:* экосистема, тяжелые металлы, уровни загрязнения почвы, гидромелиоративная система, орошение, жидкая органика.

## RECOLTIVATION OF TECHNOGALLY POLLUTED LANDS OF MELIORABLE AGROLANDS CHARTERS

*Zhelyazko V. I.*

The technological regulation of the functioning of the ameliorative system at different levels of soil contamination with heavy metals is considered. The research results make it possible to conclude that the recultivation of technologically polluted land is quite laborious and requires significant material costs. The volume of these costs is proportional to the level of soil contamination. The most laborious is the restoration of impaired fertility at a critical level of pollution.

*Keywords:* ecosystem, heavy metals, levels of soil contamination, hydro-reclamation system, irrigation, liquid organics.

Многочисленными исследованиями в различных регионах установлено, что высокие техногенные нагрузки на агроландшафты способствуют загрязнению воздуха, воды и почвы, приводят к снижению продуктивности агроценозов. Это проявляется, в первую очередь, в падении урожайности и ухудшении качества продукции. Поэтому при разработке экологического нормирования с позиции интересов агропромышленного комплекса целесообразно рассмотреть функционирование экологической системы на нормальном, допустимом и критическом уровнях качества [1].

Для нормального уровня (Н) характерно то, что содержание экотоксикантов не превышает фоновых концентраций. При этом для получения планируемых урожаев сельскохозяйственных культур при хорошем его качестве необходимо разрабатывать научно обоснованные системы удобрений, направленные на повышение плодородия освоенных земель. Для повышения содержания гумуса или хотя бы для снижения отрицательного баланса органического вещества необходимо применять местные удобрения (навоз, солому, компосты, сидераты и др.). При этом проводить эти мероприятия следует в системе адаптированных севооборотов, а также предусматривать регулирование водного режима почв посредством гидромелиораций, так как подвижность тяжелых металлов возрастает в почвах с избыточным увлажнением. Это способствует усилению миграционной способности в системе почва–растения и их накоплению в растениеводческой продукции. По мнению автора работы [2] рост концентрации ТМ в растениях с увеличением степени гидроморфизма почв объясняется возрастанием кислотности, ухудшением иных их свойств. Это в конечном итоге приводит к снижению продуктивности растений, влияет на процессы поглощения ими токсикантов.

При допустимом уровне (Д) функционирования экосистемы проявляется токсическое действие микроэлементов и тяжелых металлов. Признаками этого являются снижение урожайности сельскохозяйственных культур и ухудшение качества продукции. Уровень загрязнения почвы приближается к критической отметке, а содержание экотоксикантов в растениях достигает предельно допустимых концентраций. В этой ситуации, прежде всего, следует выявить источники загрязнения и разработать систему мер по восстановлению нарушенного плодородия почв. Основные мероприятия по снижению или предотвращению загрязнения должны опираться, прежде всего, на совершенствование технологии производства, создание замкнутых технологических систем. При возделывании культур на агроландшафтах с допустимым уровнем загрязнения необходимо организовать контроль над содержанием ТМ в продукции.

Так как наибольшую опасность представляют подвижные формы ТМ, то необходимо применение приемов, способных переводить их растворимые формы в трудно растворимые и недоступные для растений. При этом могут применяться различные приемы, адаптированные как к конкретным элементам-загрязнителям, так и почвенным условиям. Так, например, в нейтральной среде медь и никель становятся практически безвредными. При снижении кислотности почвенного раствора снижается растворимость и подвижность кадмия и свинца, уменьшается потребление их растениями. То же относится к цинку и мышьяку [5,6].

Орошение стоками свиноводческих комплексов способствует снижению кислотности почвы. По нашим наблюдениям, на оросительной системе РСУП СГЦ «Заднепровский» реакция почвенного раствора рН за период эксплуатации повысилась с 4,2...4,5 до 5,3...6,5. В этом плане полив стоками свиноводческого комплекса сыграл положительную роль и вполне может быть рекомендован в качестве профилактического мероприятия по снижению накопления тяжелых металлов в растениеводческой продукции и в целом отрицательного антропогенного воздействия на агроландшафт.

Однако при организации удобрительного орошения стоками следует иметь в виду, что орошаемая площадь должна быть тщательно спланирована для предотвращения аккумуляции поливной жидкости в микропонижениях, дабы исключить переувлажнение почвы. Поливы многолетних трав должны проводиться нормами, рекомендованными для допустимого уровня загрязнения почвы ТМ. Как правило, эти нормы на 17...25 %% ниже по сравнению с нормами для допустимого уровня загрязнения почвы.

Важное значение для снижения подвижности ТМ имеют органические удобрения [3]. Взаимодействие солей тяжелых металлов с органическим веществом почвы идет по пути образования солей гумусовых кислот и вовлечения металлов в комплексные соединения, малодоступные для растений. АгронOMICеские мероприятия, проводимые на загрязненных землях, должны повышать содержание гумуса. Поэтому внесение навоза, компостов на основе твердой фракции стоков имеет принципиально важное значение. Для этой цели может быть рекомендована технология приготовления компоста, опубликованная в нашей работе [4].

При приготовлении компоста рекомендуется такая технология. Размеры буртов: основание 8...12х20...30 м, высота 2...3 м. При формировании буртов компоненты тщательно перемешивают. Бурт должен быть рыхлым для обеспечения аэробного биотермического процесса, при котором подавляется всхожесть семян сорной растительности, происходит дегельминтизация навоза и стоков, а также гибель в них основной массы болезнетворных микроорганизмов. Компостирование необходимо начинать в теплое время года. Желательно, чтобы в этот период прошла термофильная стадия разложения органического вещества (с разогревом компостной массы до температуры 55...60 °С). Вторая, мезофильная стадия (с температурой 30...35 °С) может проходить и зимой. Но в этом случае для предотвращения промерзания и прекращения процесса созревания компостные бурты зимой необходимо укрывать теплоизолирующим 50-сантиметровым слоем соломы, земли, торфа или опилок.

Следует отметить, что компоненты бурта являются хорошим субстратом для жизнедеятельности калифорнийского червя. Поэтому при реализации способа имеется возможность получения биогумуса – ценного органического удобрения с высокими экологическими характеристиками.

После формирования буртов площадь можно использовать повторно. При этом, при необходимости, производят подсыпку пахотного слоя почвы – желательно торфокрошкой. Хороший эффект был получен в наших опытах при внесении соломы на фоне орошения стоками свиноводческого комплекса.

Производственный опыт был заложен на площади 90 га. Дозы внесения соломы колебались от 2 до 8 т/га. В ходе опыта было установлено, что внесение соломы способствовало снижению подвижности изучаемых тяжелых металлов, причем степень подвижности зависела от дозы внесенной соломы, а наибольшая эффективность имела место на третий год после внесения.

Одним из приемов, обеспечивающим получение экологически безопасной продукции на загрязненных землях, является применение биологических приемов. На допустимом уровне функционирования экосистемы следует выращивать толерантные сорта и культуры. При этом необходимо учитывать, что в основном наиболее загрязнены корни, затем листья, стебли, а потом семена. Загрязненные участки следует использовать только для выращивания семян, возделывать технические, а также культуры, идущие в переработку.

При критическом уровне функционирования агроландшафта урожай резко снижается вплоть до полной гибели. Содержание тяжелых металлов на этом уровне превышает предельно допустимые концентрации. С позиций экологической безопасности правомочно ставить вопрос о сельскохозяйственном использовании таких земель без радикально проведенной рекультивации.

Наиболее кардинальный способ ликвидации последствий загрязнения – удаление металлов из корнеобитаемого слоя почвы. При этом возможны две основные технологии: механическое удаление загрязненного слоя почвы и перемещение загрязненного слоя в почвенные горизонты, подстилающие корнеобитаемый слой. Последний прием применяется наиболее часто и осуществляется путем глубокой вспашки плантажными плугами. Наряду с этими приемами рекомендуется проводить комплекс мероприятий по ограничению подвижности экотоксикантов. Об этом уже шла речь выше. Поливы выращиваемых культур должны проводиться нормами, установленными для критического уровня загрязнения.

Рассмотренный технологический регламент функционирования мелиоративной системы при различных уровнях загрязнения почвы соединениями тяжелых металлов дает возможность сделать вывод о том, что рекультивация техногенно загрязненных земель является достаточно трудоемкой и требует значительных материальных затрат. Объем этих затрат пропорционален уровню загрязнения почвы. Наиболее трудоемким является восстановление нарушенного плодородия при критическом уровне загрязнения. Однако такие земли, как правило, расположены локально в непосредственной близости от источников загрязнения и пока занимают незначительные площади. Поэтому на современном этапе основное направление рекультивации земель должно осуществляться по профилактическому принципу. В связи с этим в системе профилактических мероприятий должное место должно быть отведено жидкой органике, которая образуется на крупных животноводческих комплексах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Головатый С. Е. Тяжелые металлы в агроэкосистемах / С. Е. Головатый – Минск : РУП «Институт почвоведения и агрохимии», 2002. – 239 с.
2. Биогеохимическая оценка современного состояния агроэкосистем Беларуси / С. Е. Головатый, Н. Д. Волкова, С. В. Савченко, П. Ф. Жигарев // Природные ресурсы. – 2002. – № 1. – С. 88–95.
3. Желязко В. И. Повышение экологической безопасности мелиоративных систем с использованием сточных вод / В. И. Желязко, В. В. Копытовский // Акватерра : Материалы VII Междунар. специализир. выставки и науч.-практ. конф. 15–17 июля 2004 г., Санкт-Петербург., 2004. – С. 63–65.
4. Желязко В. И. Приготовление органических удобрений из жидкого навоза / В. И. Желязко, Н. Н. Михальченко, В. В. Копытовский // Дождевые черви и плодородие почв : Материалы II Междунар. науч.-практ. конф. 17–19 марта 2004 г., Владимир, 2004. – С. 78–80.
5. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М. : Мир, 1989. – 439 с.
6. Черных Н. А. О качестве растениеводческой продукции при разных уровнях загрязненности почв тяжелыми металлами / Н. А. Черных, И. Н. Черных // Агрохимия. – 1995. – № 5. – С. 97–101.